ỨNG DỤNG CỌC XI MĂNG ĐẤT TRONG CÔNG TÁC THIẾT KẾ VÀ THI CÔNG NỀN MÓNG CHO CÔNG TRÌNH

I. ĐẶT VẤN ĐỀ :

Tôi đang thiết kế một công trình ở Quận 7-Tp. HCM. Công trình được mô tả sơ lược như sau:

a. Công trình cao 25 tầng
b. Có một tầng hầm sâu 3.6m
c. Giải móng : Móng bè dày ~3m + cọc khoan nhồi
d. Địa chất công trình lớp 1 đất lấp dày ~1m, lớp 2: Bùn sét hữu cơ dày 20m có chỉ số SPT ~1 đến 3. Lớp 3, sét pha dẻo mềm đến nửa cứng dày ~7m. lớp 4 .....

Qua tài liệu BCKSĐC cho thấy đất ở Quận 7- TP. HCM rất yếu nếu đưa ra biện pháp thi công hố đào không hợp lý cho công trình sẽ có một số vấn đề nảy sinh:

a. Dùng giải pháp tường cừ barrete dày 600 sâu >20m thì tốn kém cho Chủ đầu tư vì công trình chỉ có một tầng hầm.
b. Dùng cừ lassen nếu có chiều dài ~12m cắm xuống để đào hố sâu ~7m thì chưa ổn vì chân cắm của cừ đang lơ lửng trong lớp bùn (dày ~20m) . Nếu không cẩn thận thì cả cừ lẫn đầu cọc khoan nhồi sẽ bị dịch chuyển do ổn định mái dốc ???? rất nguy hiểm . Nếu cắm cừ dài > 20m vào lớp sét thì có thể yên tâm nhưng lại chi phí tài chính lại rất cao .

Vậy liệu có biện pháp thi công hố đào hay hơn mà chi phí tài chính là hợp lý cho công trình trong thời điểm hiện tại không?.

Qua tìm hiểu tôi được biết Cọc XMĐ là một trong những giải pháp xử lý nền đất yếu với khả năng ứng dụng tương đối rộng rãi như: Làm tường hào chống thấm cho đê đập, gia cố nền móng cho các công trình xây dựng, sửa chữa thấm mang cống và đáy cống, ổn định tường chắn, chống trượt mái dốc, gia cố đất yếu xung quanh đường hầm, gia cố nền đường, mố cầu dẫn..... So với một số giải pháp xử lý nền hiện có, công nghệ cọc XMĐ có ưu điểm là khả năng xử lý sâu (đến 50m), thích hợp với các loại đất yếu (từ cát thô cho đến bùn yếu), thi công được cả trong điều kiện nền ngập sâu trong nước hoặc điều kiện hiện trường chật hẹp, trong nhiều trường hợp đã đưa lại hiệu quả kinh tế rõ rệt so với các giải pháp xử lý khác.

Trong quá trình đi tìm hiểu thực tế và thu thập tài liệu thiết kế, tôi xin tổng kết và giới thiệu đôi nét về cọc xi măng đất.

II. CƠ SỞ LÝ THUYẾT CỦA PHƯƠNG PHÁP GIA CỐ NỀN ĐẤT YẾU BẰNG CỌC CÁT - XI MĂNG - VÔI

Cũng như các phương pháp cải tạo, gia cố nền đất yếu khác, phương pháp gia cố nền đất yếu bằng cọc cát - xi măng - vôi nhằm thay đổi tính chất cơ lý của đất theo hướng nâng cao sức chịu tải, giảm biến dạng của nền. Vấn đề là cần làm sáng tỏ cơ chế của quá trình gia tăng cường độ của đất, xác định các quá trình nào sẽ xảy ra trong đất khi gia cố nền bằng cọc cát - xi măng - vôi. Làm sáng tỏ cơ chế của những quá trình cơ học và hoá lý xảy ra trong đất, hoàn thiện phương pháp tính toán nền chính là đã xây dựng được cơ sở lý thuyết của phương pháp.

Trên cơ sở phân tích lý thuyết các phương pháp gia cố nền bằng cọc cát, cọc đất - xi măng, đất - vôi có thể nhận thấy, khi gia cố nền đất yếu bằng cọc cát - xi măng - vôi, trong nền đất sẽ diễn ra các quá trình cơ học và hoá lý sau đây:

1. Quá trình nén chặt cơ học

Gia cố nền bằng cọc cát - xi măng - vôi là dùng thiết bị chuyên dụng đưa một lượng vật liệu vào nền đất dưới dạng cọc hỗn hợp cát - xi măng - vôi. Lượng vật liệu cát, xi măng và vôi này sẽ chiếm chỗ các lỗ hổng trong đất làm cho độ lỗ rỗng giảm đi, các hạt đất sắp xếp lại, kết quả là đất nền được nén chặt. Xét một khối đất có thể tích ban đầu Vo , thể tích hạt rắn Vho , thể tích lỗ rỗng ban đầu Vro, ta có:

$$Vo = Vho + Vro \quad (1)$$

Sau khi gia cố, thể tích khối đất sẽ là V, thể tích hạt rắn là Vh, thể tích lỗ rỗng Vr :

$$V = Vh + Vr \quad (2)$$

Như vậy, sự thay đổi thể tích khối đất là:

$$\Delta V = Vo - V \quad (3) = (Vho + Vro) - (Vh + Vr)$$

Thể tích các hạt rắn được coi như không đổi trong quá trình gia cố, nghĩa là Vho = Vh , do đó:

$$\Delta V = Vro - Vr$$

$$\Delta V = \Delta Vr \quad (4)$$

Biểu thức (4) cho thấy: sự *thay đổi thể tích khối đất khi gia cố chính là sự thay đổi thể tích lỗ rỗng trong khối đất.*

Như vậy, khi gia cố nền bằng cọc cát - xi măng - vôi quá trình nén chặt đất sẽ xảy ra tức thời. Hiệu quả nén chặt phụ thuộc vào thể tích vật liệu được đưa vào nền, nghĩa là phụ thuộc vào số lượng, đường kính cũng như khoảng cách giữa các cọc, hình dạng bố trí cọc. Việc xác định đường kính cọc, khoảng cách giữa các cọc và sơ đồ bố trí cọc hoàn toàn có thể xác định như đối với cọc cát. Còn chiều sâu gia cố phụ thuộc vào chiều sâu vùng hoạt động nén ép dưới đáy móng công trình, nghĩa là, tại độ sâu mà ở đó thoả mãn một trong các điều kiện sau đây:

- ứng suất nén ép (σ_z) nhỏ hơn hoặc bằng 0,1 ứng suất bản thân (σ_{bt}) của đất.

- ứng suất nén ép (σ_z) nhỏ hơn hoặc bằng áp lực bắt đầu cố kết thấm của đất.

- ứng suất nén ép $\sigma_z \leq 20 - 30$ kPa.

Việc kiểm tra đánh giá định lượng tác dụng nén chặt đất khi gia cố nền bằng cọc cát - xi măng - vôi có thể thực hiện được bằng nhiều phương pháp như khoan lấy mẫu đất trong phạm vi giữa các cọc để xác định hệ số rỗng cũng như khối lượng thể tích của đất sau gia cố hoặc dùng thí nghiệm xuyên tĩnh hay nén tĩnh nền. Các công việc này đơn giản, dễ tiến hành.

2. Quá trình cố kết thấm

Ngoài tác dụng nén chặt đất, cọc cát - xi măng - vôi còn có tác dụng làm tăng nhanh quá trình cố kết của đất nền.

Do cọc cát - xi măng - vôi được đưa vào nền dưới dạng khô nên hỗn hợp cát - xi măng - vôi sẽ hút nước trong đất nền để tạo ra vữa xi măng, sau đó biến thành đá xi măng. Quá trình tạo vữa xi măng làm tổn thất một lượng nước lớn chứa trong lỗ hổng của đất, nghĩa là làm tăng nhanh quá trình cố kết của nền đất. Quá trình này xảy ra ngay sau khi bắt đầu gia cố và kéo dài cho đến khi nền đất được gia cố xong, toàn bộ cọc cát - xi măng - vôi trở thành một loại bê tông . Đây là quá trình biến đổi hoá lý phức tạp, chia làm hai thời kỳ: thời kỳ ninh kết và thời kỳ rắn chắc. Trong thời kỳ ninh kết, vữa xi măng mất dần tính dẻo và đặc dần lại nhưng chưa có cường độ. Trong thời kỳ rắn chắc, chủ yếu xảy ra quá trình thuỷ hoá các thành phần khoáng vật của clinke, gồm silicat tricalcit $3CaO.SiO_2$, silicat bicalcit $2CaO.SiO_2$, aluminat tricalcit $3CaO.Al_2O_3$, fero-aluminat tetracalcit $4CaO.Al_2O_3Fe_2O_3$:

$$3CaO.SiO_2 + nH_2O \Rightarrow Ca(OH)_2 + 2CaO.SiO_2(n-1)H_2O.$$

$$2CaO.SiO_2 + mH_2O \Rightarrow 2CaO.SiO_2mH_2O.$$

$$3CaO.Al_2O_3 + 6H_2O \Rightarrow 3CaO.Al_2O_3.6H_2O.$$

$$4CaO.Al_2O_3Fe_2O_3 + nH_2O \Rightarrow 3CaO.Al_2O_3.6H_2O + CaO.Fe_2O_3.mH_2O$$

Các sản phẩm chủ yếu được hình thành sau quá trình thuỷ hoá là $Ca(OH)_2$, $3CaO.Al_2O_3.6H_2O$, $2CaO.SiO_2mH_2O$ và $CaO.Fe_2O_3.mH_2O$. Quá trình rắn chắc của xi măng có thể chia ra làm 3 giai đoạn :

***a) Giai đoạn hoà tan*:** các chất $Ca(OH)_2$, $3CaO.Al_2O_3.6H_2O$ sinh ra sau quá trình thuỷ hoá hoà tan được trong nước sẽ ngay lập tức hoà tan tạo thành thể dịch bao quanh mặt hạt xi măng.

***b) Giai đoạn hoá keo*:** đến một giới hạn nào đó, lượng các chất $Ca(OH)_2$, $3CaO.Al_2O_3.6H_2O$ không hoà tan được nữa sẽ tồn tại ở thể keo. Chất silicat bicalcit ($2CaO.SiO_2$) vốn không hoà tan sẽ tách ra ở dạng phân tán nhỏ trong dung dịch, tạo thành keo phân tán. Lượng keo này ngày càng sinh ra nhiều, làm cho các hạt keo phân tán tương đối nhỏ tụ lại thành những hạt keo lớn hơn ở dạng sệt khiến cho xi măng mất dần tính dẻo và ninh kết lại dần dần nhưng chưa hình thành cường độ.

***c) Giai đoạn kết tinh*:** các chất $Ca(OH)_2$, $3CaO.Al_2O_3.6H_2O$ từ thể ngưng keo chuyển sang dạng kết tinh, các tinh thể nhỏ đan chéo nhau làm cho xi măng bắt đầu có cường độ, chất $2CaO.SiO_2mH_2O$ tồn tại ở thể keo rất lâu, sau đó có một phần chuyển thành tinh thể. Do lượng nước ngày càng mất đi, keo dần dần bị khô, kết chặt lại và trở nên rắn chắc.

Các giai đoạn hoà tan, hoá keo và kết tinh không xảy ra độc lập, mà xảy ra đồng thời với nhau, xen kẽ nhau. Ngoài ra, vôi trong hỗn hợp tạo cọc có tác dụng như chất gắn kết giống như xi măng, đồng thời có khả năng hấp thụ nước lớn và toả nhiệt làm tăng sức kháng cắt của cọc và tăng nhanh quá trình cố kết của đất nền. Quá trình thuỷ hoá vôi kèm theo sự toả nhiệt được biểu diễn bằng phản ứng sau :

$$CaO + H_2O \Rightarrow Ca(OH)_2 + 15,5 \text{ kcalo}$$

Cường độ của hỗn hợp tăng lên một phần do phản ứng silicat, một phần do phản ứng carbonat, lượng $CaCO_3$ còn dư trong vôi sẽ trở thành những mầm kết tinh, bao quanh bởi các hạt keo và tinh thể, chúng phát triển và tăng dần cường độ.

Mặt khác, nếu tỷ lệ phối trộn giữa xi măng, cát và vôi cũng như thành phần hạt của cát hợp lý thì cọc cát - xi măng - vôi sau khi đông cứng vẫn có thể cho nước thoát qua và làm việc tương tự như một giếng thu nước thẳng đứng, giống như cọc cát. Dưới tác dụng của tải trọng ngoài, cùng với thời gian, ứng suất hữu hiệu tăng lên, ứng suất trung tính giảm đi, nước trong lỗ rỗng của đất sẽ thấm theo phương ngang vào cọc rồi sau đó thoát ra ngoài dọc theo chiều dài cọc.

Bài toán cố kết thấm của nền đất khi gia cố bằng cọc cát - xi măng - vôi cũng giống như bài toán cố kết thấm của nền khi dùng cọc cát và đã được nhiều nhà khoa học nghiên cứu. Năm 1935, L.Rendulic đã đưa ra phương trình vi phân cố kết đối xứng để xác định trị số áp lực nước lỗ rỗng trong nền và năm 1942, N.Carrillo đã phân bài toán cố kết thấm 3 chiều thành tổng hợp của bài toán cố kết thấm theo chiều thẳng đứng và theo hướng xuyên tâm. K.Terzaghi đã dùng phương pháp giải tích để giải bài toán cố kết thấm theo chiều thẳng đứng, còn R.E.Glover, R.A.Barron đã giải bài toán cố kết thấm theo hướng xuyên tâm. Năm 1948, R.A.Barron đã đưa ra lời giải toàn diện đầu tiên cho bài toán cố kết của trụ đất có chứa một cọc cát (cát - xi măng - vôi) ở giữa.

Khi trong nền có các cọc cát - xi măng - vôi, chiều dài đường thấm theo phương ngang sẽ nhỏ hơn nhiều lần chiều dài đường thấm theo phương đứng, do đó có thể coi vai trò thoát nước

theo phương ngang của cọc cát - xi măng - vôi là chủ yếu. Tuy vậy, trong tính toán quá trình cố kết của nền đất gia cố vẫn thường xác định độ cố kết toàn phần (kết quả tổng hợp của quá trình thoát nước theo phương ngang và theo phương đứng) bằng định đề Carrillo:

$$P = 1 - (1 - Ph)(1 - Pv)$$

trong đó :

P : độ cố kết toàn phần của đất

Ph : độ cố kết trung bình của đất theo phương ngang

Pv : độ cố kết trung bình của đất theo phương đứng

Hệ số thấm của cọc cát - xi măng - vôi ảnh hưởng nhiều đến quá trình cố kết của nền đất. Theo nhiều nghiên cứu, khi hệ số thấm ngang của nền đất $kh < 1.10^{-7}$ cm/s hoặc hệ số cố kết theo phương ngang $Ch < 1.10^{-4}$ m^2/ng.đ thì tác dụng cố kết của nền đất sẽ bị hạn chế. Để đảm bảo cọc cát - xi măng - vôi làm việc tốt trong quá trình cố kết thì hệ số thấm của vật liệu cọc cần lấy > 2÷ 3 m/ng.đ. Muốn vậy, cần chế tạo mẫu chế bị với các tỷ lệ xi măng, cát và vôi khác nhau và tiến hành thí nghiệm mẫu xác định hệ số thấm. Để đánh giá định lượng quá trình cố kết của nền đất khi gia cố bằng cọc cát - xi măng - vôi có thể đặt các thiết bị đo áp lực nước lỗ rỗng tại các thời điểm trước, sau khi gia cố và trong thời gian sử dụng công trình.

3. Quá trình gia tăng cường độ của cọc gia cố và sức kháng cắt của đất nền

Khi gia cố nền đất yếu bằng cọc cát, sức kháng cắt của cọc cát dưới tác dụng của tải trọng ngoài xác định theo định luật Coulomb $\tau = \sigma \, tg\varphi$, với φ là góc ma sát trong của cát. Khi trộn thêm xi măng và vôi vào cát, do hình thành liên kết xi măng - vôi trong cọc nên khả năng chịu lực nén và lực cắt của cọc gia cố tăng lên đáng kể. Lúc đó, sức kháng cắt của cọc cát - xi măng - vôi xác định theo biểu thức $\tau = \sigma \, tg\varphi + Cxm$, với Cxm là lực dính được tạo nên bởi liên kết xi măng - vôi. Giá trị Cxm có thể xác định được nhờ thí nghiệm cắt các mẫu chế bị ở trong phòng.

Như vậy, khác với cọc cát, cọc cát - xi măng - vôi có độ bền lớn nhờ lực dính trong hỗn hợp tạo cọc tăng lên. Độ bền của cọc cát - xi măng - vôi phụ thuộc vào lực dính trong liên kết xi măng - vôi, nghĩa là phụ thuộc vào hàm lượng xi măng và vôi trong hỗn hợp tạo cọc.

Mặt khác, khi trộn xi măng, vôi vào trong cát và đưa vật liệu vào nền đất, ở mặt tiếp xúc giữa cọc và đất nền sẽ xảy ra quá trình trao đổi ion và phản ứng puzolan. Các ion calci hoá trị 2 thay thế các ion natri và hydro hoá trị 1 ở trong lớp điện kép bao quanh mỗi hạt khoáng vật sét. Vì cần ít hơn calci hoá trị 2 để trung hoà lưới điện âm trên mặt của mỗi khoáng vật sét nên giảm được kích thước của lớp điện kép và do đó làm tăng lực hút của các hạt sét, dẫn đến lực dính của đất tăng lên. Hơn nữa, silic và nhôm trong khoáng vật sét sẽ phản ứng với silicat calci và hydrat nhôm calci trong phản ứng puzolan, tạo ra các hợp chất có độ bền cao và rất bền trong môi trường nước. Những quá trình này làm tăng lực ma sát và lực dính của đất xung quanh cọc gia cố, dẫn đến làm gia tăng cường độ của đất nền.

Cần phải nhấn mạnh rằng, tất cả các quá trình nén chặt cơ học, quá trình cố kết, quá trình gia tăng cường độ của cọc và đất nền khi gia cố bằng cọc cát - xi măng - vôi đều có liên hệ hữu cơ với nhau. Các quá trình này không độc lập với nhau mà diễn ra đồng thời với nhau, là động lực thúc đẩy phát triển của nhau.

4. Tính toán sức chịu tải và biến dạng của nền đất sau gia cố

Hiện nay, việc tính toán sức chịu tải và biến dạng của nền gia cố bằng cọc cát - xi măng - vôi đang còn là vấn đề tranh cãi. Một số nhà khoa học kiến nghị tính toán như đối với cọc cứng, số khác lại đề nghị tính toán như đối với nền thiên nhiên, có tác giả lại đề nghị tính toán sức chịu tải như đối với cọc cứng, còn biến dạng thì tính toán theo nền. Sở dĩ còn nhiều những quan điểm trái ngược nhau là vì bản thân vấn đề rất phức tạp, cần phải có nhiều công trình nghiên cứu lý thuyết và thực nghiệm làm sáng tỏ vai trò mang tải của cọc, của đất nền xung quanh cọc, nghĩa là xem cọc và nền cùng đồng thời làm việc. Theo chúng tôi, vấn đề sẽ đơn giản hơn nhiều nếu quan niệm nền đất yếu đã được gia cố là một nền mới, có tính chất cơ lý mới. Rõ ràng là, trước khi gia cố, nền thiên nhiên là một nền đất yếu với các tính chất cơ lý không đáp ứng được yêu cầu xây dựng. Sau khi gia cố, các chỉ tiêu cơ lý đã thay đổi một cách đáng kể như độ ẩm, hệ số rỗng giảm, khối lượng thể tích, lực dính, góc ma sát trong tăng nhờ các quá trình nén chặt cơ học, cố kết và tác dụng của các phản ứng hoá lý giữa xi măng, vôi và đất nền trong quá trình gia cố. Vì vậy, việc tính toán sức chịu tải và độ lún của nền sau gia cố có thể tính như đối với nền thiên nhiên. Tuy nhiên, cần phân biệt hai trường hợp là trường hợp thi công nhanh và trường hợp thi công chậm.

a. Trường hợp thi công chậm:

Khi gia cố nền, tức là đã tác dụng một tải trọng ngoài vào nền đất (tải trọng đó là khối lượng vật liệu cát - xi măng - vôi đưa vào nền) gây ra quá trình nén chặt cơ học (do thể tích vật liệu cát - xi măng - vôi chiếm chỗ thể tích lỗ rỗng trong đất), quá trình cố kết của đất nền (do hút nước làm đông cứng vữa xi măng, thoát nước do áp lực hữu hiệu tăng, áp lực nước lỗ rỗng giảm) và các phản ứng hoá lý của xi măng, vôi với môi trường đất yếu. Các quá trình này xảy ra đồng thời ngay sau khi bắt đầu gia cố nền nhưng kết thúc vào các thời điểm khác nhau. Quá trình nén chặt cơ học sẽ kết thúc ngay sau khi hoàn thành gia cố. Quá trình cố kết của đất nền và tác dụng hoá lý của xi măng, vôi với đất nền sẽ kết thúc muộn hơn và sau bao lâu sẽ kết thúc thì cần phải có nghiên cứu chi tiết. Do vậy, nếu sau khi gia cố một thời gian, khi mà quá trình cố kết và các phản ứng hoá lý của môi trường đã kết thúc, mới xây dựng công trình thì rõ ràng là, nền đất gia cố đã trở thành một nền mới, ứng suất trong nền gia cố đã được phân bố lại, tính chất cơ lý của nền đã thay đổi với các giá trị mới.

b. Trường hợp thi công nhanh:

Trường hợp thi công nhanh, nghĩa là, sau khi quá trình gia cố nền kết thúc thì tiến hành xây dựng công trình ngay. Lúc này, chỉ có quá trình nén chặt cơ học là kết thúc, còn quá trình cố kết và các phản ứng hoá lý của môi trường vẫn tiếp diễn. Tuy nhiên, quá trình nén chặt cơ học mới là chủ yếu, mà quá trình này thì đã kết thúc ngay sau khi gia cố. Do vậy, việc tính toán nền, theo chúng tôi, vẫn có thể tiến hành như đối với trường hợp thi công chậm, nhưng có lưu ý đến tác dụng của quá trình cố kết và phản ứng hoá lý của môi trường còn chưa kết thúc, bằng cách đưa thêm vào áp lực gây lún một trị số nào đó của "áp lực gia cố" do trọng lượng vật liệu cát - xi măng - vôi gây ra. Trị số này có thể ước tính bằng 1/2 "áp lực gia cố". Một số nhà chuyên môn có thể thắc mắc, khi tính như vậy thì khối lượng cát - xi măng - vôi đưa vào nền mất đi đâu ? Tại sao lại không đưa toàn bộ tải trọng này vào giá trị áp lực gây lún của công trình mà lại chỉ đưa vào một giá trị nào đó ? Thực ra, việc đưa thêm vào trị số áp lực gây lún một giá trị bằng 1/2 "áp lực gia cố" cũng chỉ mang tính quy ước dựa vào các phân tích cơ sở phương pháp luận của vấn đề.

Chúng tôi cho rằng, khối lượng cát - xi măng - vôi đưa vào nền có thể coi là một tải trọng ngoài. Dưới tác dụng của tải trọng này, trong nền đất sẽ xuất hiện ứng suất phụ thêm σ_z gây biến dạng nền (cả theo phương dọc và phương ngang). Trị số của ứng suất phụ thêm bằng :

$$\sigma_z = \sigma + U$$

trong đó, σ - ứng suất hữu hiệu do hạt đất tiếp thu

U - ứng suất trung tính do nước tiếp thu

Cùng với thời gian, ứng suất hữu hiệu tăng lên, ứng suất trung tính giảm đi, nhưng ở bất kỳ thời điểm nào trong nền đất vẫn tồn tại mối tương quan trên. Trong trường hợp thi công chậm, các quá trình nén chặt cơ học, cố kết và phản ứng hoá lý giữa xi măng và môi trường đã kết thúc. Khi đó toàn bộ tải trọng ngoài (lượng cát - xi măng - vôi) do hạt đất tiếp thu ($\sigma_z = \sigma$), ứng suất trung tính bị triệt tiêu (U=0), biến dạng nền đạt trị số ổn định, nền được nén chặt hoàn toàn, trở thành một nền mới. Trong trường hợp thi công nhanh, chỉ quá trình nén chặt cơ học là kết thúc, còn quá trình cố kết và các phản ứng hoá lý giữa xi măng, vôi và nền chưa kết thúc, nền đất chỉ biến dạng một phần, phần còn lại vẫn tiếp tục diễn ra cùng với quá trình nén lún do tải trọng công trình xây dựng. Như vậy, có thể quy ước, một nửa lượng cát - xi măng - vôi đã truyền cho hạt đất làm nền bị biến dạng, tương ứng với quá trình nén chặt cơ học đã kết thúc; còn một nửa lượng cát - xi măng - vôi sẽ vẫn tiếp tục gây ra biến dạng nền, tương ứng với quá trình cố kết và tác dụng hoá lý giữa xi măng, vôi và đất nền. Do đó, khi tính lún công trình cần thêm vào trị số áp lực gây lún một giá trị bằng một nửa khối lượng cát - xi măng - vôi đưa vào nền.

Với quan niệm như vậy, độ lún của nền sau gia cố có thể được tính bằng phương pháp cộng lún từng lớp theo công thức :

$$S = \sum_{i=1}^{n} \sigma_i h_i \frac{\beta}{E_{0i}}$$

trong đó: n - số lớp đất phân chia trong chiều sâu chịu nén của công trình

σ_i - ứng suất trung bình phụ thêm ở giữa lớp đất phân tố thứ i

hi - chiều dày lớp phân tố thứ i

β - hệ số không thứ nguyên, phụ thuộc vào hệ nở hông của đất

E_{0i} - môđun tổng biến dạng của lớp đất thứ i, xác định bằng bàn nén ở hiện trường.

Cũng có thể tính độ lún theo công thức:

$$S = \frac{C_c h}{1 + \varepsilon_0} \log \frac{\sigma_0 + \Delta\sigma}{\sigma_0}$$

trong đó : Cc - chỉ số nén của đất, xác định theo đường cong nén lún trong hệ toạ độ bán logarit

h - chiều dày lớp đất tính lún

ε_0 - hệ số rỗng ban đầu của đất

σ_0 - áp lực nén ban đầu của dất do trọng lượng bản thân của đất gây ra

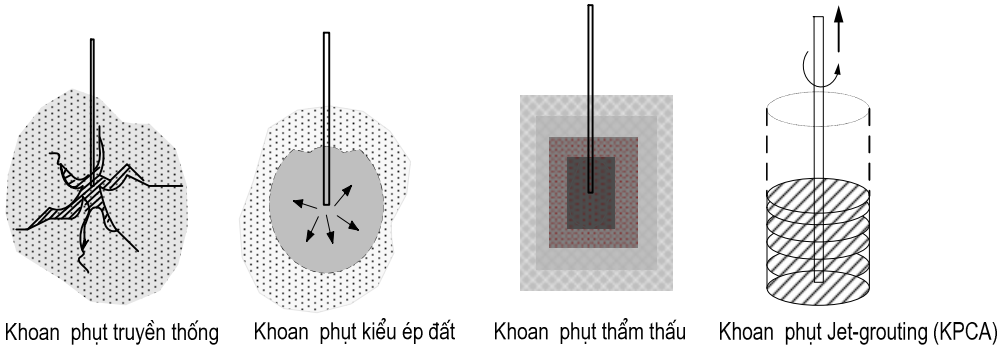
$\Delta\sigma$ - áp lực do tải trọng ngoài tác dụng lên lớp tính lún.

5. Kết luận

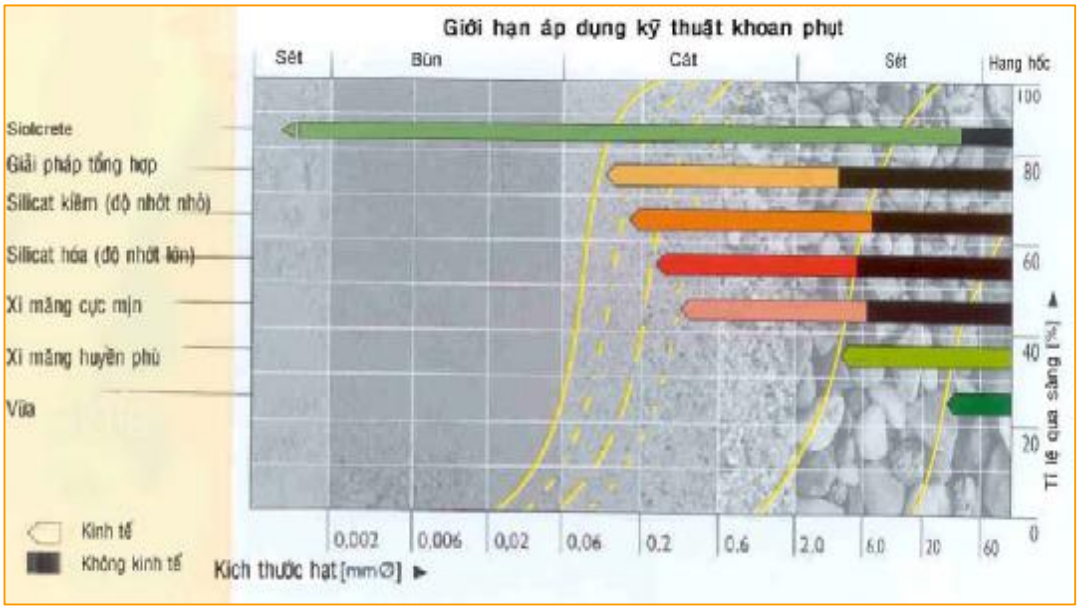
Từ những vấn đề đã trình bày ở trên có thể khẳng định rằng, hoàn toàn có thể xây dựng được cơ sở phương pháp luận của phương pháp gia cố nền đất yếu bằng cọc cát - xi măng - vôi. Các

cơ sở này là các quá trình nén chặt cơ học, quá trình cố kết, quá trình gia tăng cường độ của cọc và của đất nền khi gia cố cũng như nguyên lý tính toán sức chịu tải và biến dạng của nền sau gia cố. Nếu các cơ sở lý thuyết này được minh hoạ và kiểm chứng bằng các số liệu nghiên cứu thực nghiệm đầy đủ thì phương pháp gia cố nền đất yếu bằng cọc cát - xi măng - vôi có thể được áp dụng rộng rãi trong xây dựng các công trình có quy mô, tải trọng vừa và nhỏ, mang lại hiệu quả kinh tế cao.

III . CÁC CÔNG NGHỆ KHOAN PHỤT



Hình 1- Nguyên lý một số công nghệ khoan phụt chống thấm cho công trình thuỷ lợi

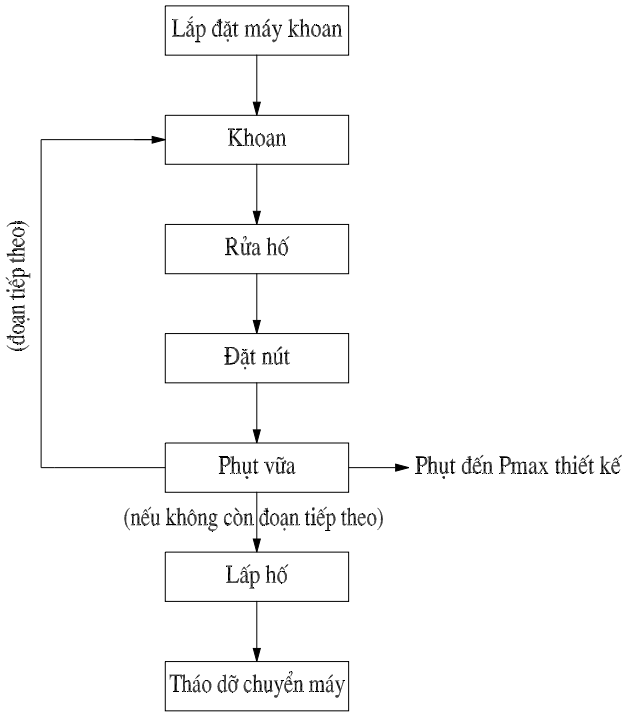


Hình 2: Phạm vi ứng dụng của các loại khoan phụt

a. Khoan phụt truyền thống:

Khoan phụt truyền thống (còn được gọi là khoan phụt có nút bịt) được thực hiện theo sơ đồ hình 2. Mục tiêu của phương pháp là sử dụng áp lực phụt để ép vữa xi măng (hoặc ximăng – sét) lấp đầy các lỗ rỗng trong các kẽ rỗng của nền đá nứt nẻ. Gần đây, đã có những cải tiến để phụt vữa cho công trình đất (đập đất, thân đê, ...).

Phương pháp này sử dụng khá phổ biến trong khoan phụt nền đá nứt nẻ, quy trình thi công và kiểm tra đã khá hoàn chỉnh. Tuy nhiên. với đất cát mịn hoặc đất bùn yếu, mực nước ngầm cao hoặc nước có áp thì không kiểm soát được dòng vữa sẽ đi theo hướng nào.



Hình 2- Sơ đồ khoan phụt có nút bịt

b. Khoan phụt kiểu ép đất

Khoan phụt kiểu ép đất là biện pháp sử dụng vữa phụt có áp lực, ép vữa chiếm chỗ của đất.

c. Khoan phụt thẩm thấu

Khoan phụt thẩm thấu là biện pháp ép vữa (thường là hoá chất hoặc ximăng cực mịn) với áp lực nhỏ để vữa tự đi vào các lỗ rỗng. Do vật liệu sử dụng có giá thành cao nên phương pháp này ít áp dụng.

d. Khoan phụt cao áp (Jet – grouting)

Công nghệ trộn xi măng với đất tại chỗ- dưới sâu tạo ra cọc XMĐ được gọi là công nghệ trộn sâu (Deep Mixing-DM).

Hiện nay phổ biến hai công nghệ thi công cọc XMĐ là: Công nghệ trộn khô (Dry Mixing) và Công nghệ trộn ướt (Wet Mixing).

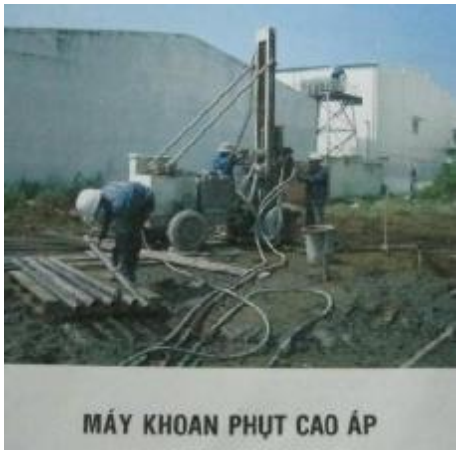
+ Công nghệ trộn khô (Dry Mixing):

Công nghệ này sử dụng cần khoan có gắn các cánh cắt đất, chúng cắt đất sau đó trộn đất với vữa XM bơm theo trục khoan.

+ Công nghệ trộn ướt (hay còn gọi là Jet-grouting):

Phương pháp này dựa vào nguyên lý cắt nham thạch bằng dòng nước áp lực. Khi thi công, trước hết dùng máy khoan để đưa ống bơm có vòi phun bằng hợp kim vào tới độ sâu phải gia cố (nước + XM) với áp lực khoảng 20 MPa từ vòi bơm phun xả phá vỡ tầng đất. Với lực xung kích của dòng phun và lực li tâm, trọng lực... sẽ trộn lẫn dung dịch vữa, rồi sẽ được sắp xếp lại theo một tỉ lệ có qui luật giữa đất và vữa theo khối lượng hạt. Sau khi vữa cứng lại sẽ thành cột XMĐ.

TIA VỮA PHUN TẠO CỌC XI MĂNG ĐẤT


MÁY KHOAN PHỤT CAO ÁP

Hiện nay phổ biến hai công nghệ thi công cọc XMĐ là: Công nghệ trộn khô (Dry Jet Mixing) và Công nghệ trộn ướt (Wet Mixing hay còn gọi là Jet-grouting).
Hiện nay trên thế giới đã phát triển ba công nghệ Jet-grouting: đầu tiên là công nghệ S, tiếp theo là công nghệ T, và gần đây là công nghệ D.

- Công nghệ đơn pha S: Công nghệ đơn pha tạo ra các cọc XMĐ có đường kính vừa và nhỏ 0,4 - 0,8m. Công nghệ này chủ yếu dùng để thi công nền đất đắp, cọc…..
- Công nghệ hai pha D: Công nghệ hai pha tạo ra các cọc XMĐ có đường kính từ 0,8 - 1,2m. Công nghệ này chủ yếu dùng để thi công các tường chắn, cọc và hào chống thấm.
- Công nghệ ba pha T: Phụt ba pha là phương pháp thay thế đất mà không xáo trộn đất. Công nghệ T sử dụng để làm các cọc, các tường ngăn chống thấm, có thể tạo ra cột Soilcrete đường kính đến 3m

IV . PHẠM VI VÀ THỰC TẾ ỨNG DỤNG

Nước ứng dụng công nghệ DMM nhiều nhất là Nhật Bản và các nước vùng Scandinaver. Theo thống kê của hiệp hội CDM (Nhật Bản), tính chung trong giai đoạn 80-96 có 2345 dự án, sử dụng 26 triệu m3 BTĐ. Riêng từ 1977 đến 1993, lượng đất gia cố bằng DMM ở Nhật vào khoảng 23,6 triệu m3 cho các dự án ngoài biển và trong đất liền, với khoảng 300 dự án. Hiện nay hàng năm thi công khoảng 2 triệu m3. Tại Trung Quốc, công tác nghiên cứu bắt đầu từ năm 1970, tổng khối lượng xử lý bằng DMM ở Trung Quốc cho đến nay vào khoảng trên 1 triệu m3. Tại Châu Âu, nghiên cứu và ứng dụng bắt đầu ở Thụy Điển và Phần Lan bắt đầu từ năm 1967. Năm 1974, một đê đất thử nghiệm (6m cao 8m dài) đã được xây dựng ở Phần Lan sử dụng cột vôi đất, nhằm mục đích phân tích hiệu quả của hình dạng và chiều dài cột về mặt khả năng chịu tải.
Tại Việt Nam, từ năm 2002 đã có một số dự án bắt đầu ứng dụng cọc XMĐ vào xây dựng các công trình trên nền đất, cụ thể như: Dự án cảng Ba Ngòi (Khánh Hòa) đã sử dụng 4000m cọc XMĐ có đường kính 0,6m thi công bằng trộn khô; xử lý nền cho bồn chứa xăng dầu đường kính 21m, cao 9m ở Cần Thơ. Năm 2004 cọc XMĐ được sử dụng để gia cố nền móng cho nhà máy nước huyện Vụ Bản (Hà Nam), xử lý móng cho bồn chứa xăng dầu ở Đình Vũ (Hải Phòng), các dự án trên đều sử dụng công nghệ trộn khô, độ sâu xử lý trong khoảng 20m. Tháng 5 năm 2004, các nhà thầu Nhật Bản đã sử dụng Jet - grouting để sửa chữa khuyết tật cho các cọc nhồi của cầu Thanh Trì (Hà Nội). Năm 2005, một số dự án cũng đã áp dụng cọc XMĐ như: dự án thoát nước khu đô thị Đồ Sơn - Hải Phòng, Gia cố nền móng kho khí hoá lỏng Cần thơ, dự án sân bay Cần Thơ, dự án cảng Bạc Liêu….
Năm 2004, Viện Khoa học Thủy lợi đã tiếp nhận chuyển giao công nghệ khoan phụt cao áp (Jet-grouting) từ Nhật Bản. Đề tài đã ứng dụng công nghệ và thiết bị này trong nghiên cứu sức chịu tải của cọc đơn và nhóm cọc, khả năng chịu lực ngang, ảnh hưởng của hàm lượng XM đến tính chất của XMĐ,... nhằm ứng dụng cọc XMĐ vào xử lý đất yếu, chống thấm cho các công trình thuỷ lợi. Nhóm đề tài cũng đã sửa chữa chống thấm cho Cống Trại (Nghệ An), cống D10 (Hà Nam), Cống Rạch C (Long An)...

Tại thành phố Đà Nẵng, Nha trang và nhất là thành phố Hồ Chí Minh cọc XMĐ được ứng dụng ở cho công trình dưới 2 hình thức: Làm tường trong đất và làm cọc thay cọc nhồi. Sau đây là một số hình ảnh mô tả ứng dụng Cọc XNĐ trong việc thiết kế làm tường vây đào hố móng:

Máy thi công cọc XMĐ

Máy đang thi công cọc XMĐ

Cọc XMĐ dùng thay cọc khoan nhồi cho khách sạn tư nhân ở Nha trang

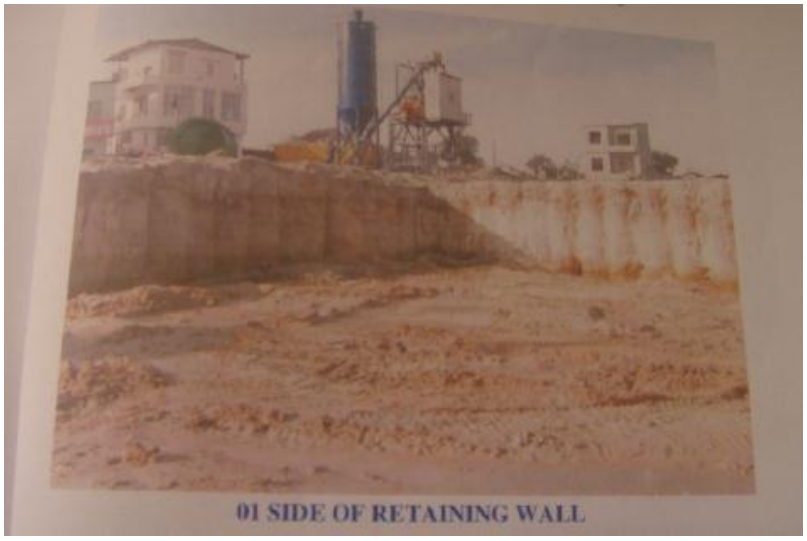
Đầu cọc XMĐ chuẩn bị thí nghiệm

Cọc XMĐ dùng làm tường vây cho một công trình ở Vũng tàu

Cọc XMĐ dùng làm tường vây cho một công trình ở Vũng tàu

Cọc XMĐ dùng làm tường vây cho công trình 145 Phan Chu Trinh ở Vũng tàu

Cọc XMĐ dùng làm tường vây cho công trình Sài gòn Pearl-Nguyễn Hữu Cảnh-Tp. HCM



Cọc XMĐ dùng làm tường vây cho công trình Sài gòn Pearl-Nguyễn Hữu Cảnh-Tp. HCM

Cọc XMĐ dùng làm tường vây cho công trình: 23-Nguyễn Thị Huỳnh - Tp. HCM

V . TÍNH TOÁN CỌC XI MĂNG ĐẤT

Tính toán cọc XMĐ theo 3 quan điểm :

- Quan điểm xem cọc XMĐ làm việc như cọc.
- Quan điểm xem các cọc và đất làm việc đồng thời.
- Tính toán theo cả 2 quan điểm trên.

Phần mềm dùng để tính toán : Plaxis

VI . TRÌNH TỰ THI CÔNG CỌC XI MĂNG ĐẤT

Thi công cải tạo nền đất yếu bằng cọc XMĐ có thể theo các bước như sau:

- Định vị và đưa thiết bị thi công vào vị trí thiết kế
- Khoan hạ đầu phun trộn xuống đáy khối đất cần gia cố
- Bắt đầu quá trình khoan trộn và kéo dần đầu khoan lên đến miệng lỗ
- Đóng tắt thiết bị thi công và chuyển sang vị trí mới.

VII . MỘT SỐ LƯU Ý KHI THIẾT KẾ VÀ THI CÔNG CỌC XI MĂNG ĐẤT

Do việc thiết kế cọc XMĐ thường được dựa trên nhưng giả thiết do vậy công tác thí nghiệm là rất quan trọng. Sau đây là một số thí nghiệm cần lưu ý khi thiết kế:

a. *Thí nghiệm xuyên tĩnh có đo áp lực nước lỗ rỗng CPTU;*
b. *Thí nghiệm nén cố kết;*
c. *Thí nghiệm hỗn hợp xi măng đất (để xác định hàm lượng xi măng sử dụng cho gia cố);*
d. *Thí nghiệm cắt cánh;*
e. *Thí nghiệm trộn đất tại chỗ với xi măng theo tiêu chuẩn của Thụy Điển;*

Khi thi công ngoài hiện trường cần có một số thí nghiệm, đo và quan trắc như sau:

a. *Thí nghiệm xuyên cắt tiêu chuẩn, kết quả thí nghiệm sức kháng cắt được so sánh với kết quả thí nghiệm trong phòng, giá trị hàm lượng xi măng được chấp thuận là giá trị sao cho cường độ kháng cắt của cọc tương đương với kết quả phòng thí nghiệm;*
b. *Thí nghiệm nén ngang;*
c. *Thí nghiệm nén tĩnh một cột;*
d. *Thí nghiệm đào cột;*
e. *Thí nghiệm chất tải trên một cột;*
f. *Thí nghiệm chất tải toàn phần;*
g. *Quan trắc đo lún trên hiện trường;*
h. *Quan trắc đo áp lực nước trong khối gia cố;*
i. *Quan trắc do độ lún theo độ sâu của tầng đất của khối gia cố……*

Dựa trên các kết quả thí nghiệm và quan trắc người kỹ sư thiết kế và thi công đề ra những biện pháp cần thiết cho việc xử lý nền móng công trình.

VIII . TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Bergado D. T., Chai J. C., Alfaro M. C., Balasubramanian A. S., 1994. Những biện pháp kĩ thuật mới cải tạo đất yếu trong xây dựng. *Nxb Giáo dục, Hà Nội.*

2. Hoàng Văn Tân, Trần Đĕnh Ngô và nnk, 1973. Những phương pháp xây dựng công trình trên nền đất yếu. *Nxb Khoa học kỹ thuật, Hà Nội.*

3. Nguyễn Trấp, Nguyễn Mạnh Dân, Nguyễn Hồng Sinh, Phạm Quy Hảo, Nguyễn Anh Dũng, 1985. Gia cố nền đất yếu bằng các phương pháp cọc đất - vôi, đất - xi măng và cốt thoát nước chế tạo sẵn. *Chương trình ứng dụng tiến bộ KHKT 26-03-03-07. Viện KHKT Xây dựng, Hà Nội.*

4. Cơ sở phương pháp luận của việc ứng dụng phương pháp gia cố nền đất yếu bằng cọc cát-xi măng-vôi.

Tạ Đức Thịnh, Vũ Thiết Tường,1Đại học Mỏ - Địa chất, Đông Ngạc, Từ Liêm, Hà Nội
2Viện nghiên cứu Địa chất và khoáng sản, Thanh Xuân, Hà Nội

5. Giới thiệu kết quả ứng dụng công nghệ khoan phụt cao áp (JET GROUTING) để chống thấm cho một số công trình thuỷ lợi .

PGS .TS Nguyễn Quốc Dũng, ThS Nguyễn Quốc Huy, ThS Nguyễn Quý Anh
Viện Khoa học Thuỷ lợi